

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2025年1月23日(23.01.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/018309 A1

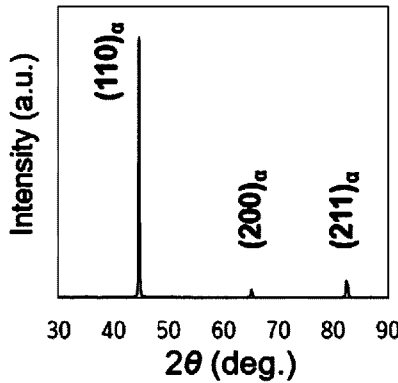
- (51) 国際特許分類:  
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)  
C21D 9/46 (2006.01) B23K 11/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/025321
- (22) 国際出願日: 2024年7月12日(12.07.2024)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2023-116836 2023年7月18日(18.07.2023) JP
- (71) 出願人: 日本製鉄株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 古川 敬之 (FURUKAWA, Noriyuki); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 光延 卓哉(MITSUNOBU, Takuya); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 大毛 隆志(OKE, Takashi); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目2番3号 虎ノ門ヒルズ森タワー 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

(54) Title: STEEL SHEET, PLATED STEEL SHEET, AND AUTOMOBILE MEMBER

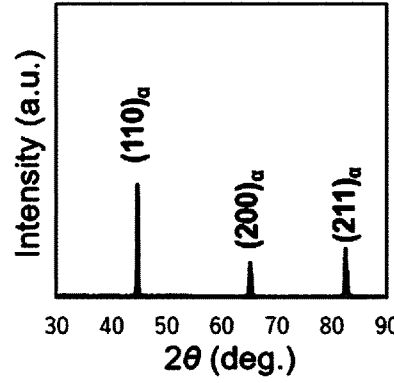
(54) 発明の名称: 鋼板、めっき鋼板及び自動車部材

図1

(a)



(b)



(57) Abstract: The present invention addresses the problem of providing a steel sheet and a plated steel sheet that have high LME resistance. This steel sheet has a prescribed chemical composition, a tensile strength of at least 780 MPa, and a surface roughness Ra of greater than 3.0 μm. The depth in the thickness direction from the surface of the steel sheet to which the C concentration is no more than 0.02% is at least 8 μm, the thickness in the sheet thickness direction from the surface of the steel sheet of a layer that has a ferrite area percentage of at least 90% is greater than 3.0 μm, and when I(110), I(200), and I(211) are the diffraction intensities that respectively correspond to the (110) plane, the (200) plane, and the (211) plane from grazing incidence x-ray diffraction at an incidence angle of 1° to the surface of the steel sheet,  $0.45 \leq I(110)/(I(110)+I(200)+I(211)) \leq 0.90$ .

WO 2025/018309 A1

CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO(BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 本発明は高い耐LME性を有する鋼板及びめっき鋼板を提供することを課題とする。本発明の鋼板は、引張強さが780MPa以上である鋼板であり、所定の化学成分を有し、鋼板の表面粗さRaが3.0μm超であり、鋼板表面からの厚さ方向において、C濃度が0.02%以下である深さが8μm以上であり、鋼板表面からの板厚方向において、フェライトの面積率が90%以上である層の厚さが3.0μm超であり、鋼板表面に対する入射角1°の斜入射X線回折において、(110)面に相当する回折強度をI(110)、(200)面に相当する回折強度をI(200)、(211)面に相当する回折強度をI(211)とした場合に、 $0.45 \leq I(110) / (I(110) + I(200) + I(211)) \leq 0.90$ を満たす。

## 明 細 書

発明の名称：鋼板、めっき鋼板及び自動車部材

### 技術分野

[0001] 本発明は、鋼板及びめっき鋼板に関する。より具体的には、本発明は、高い耐LME性を有する鋼板及びめっき鋼板に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、自動車、家電製品、建材等の様々な分野で使用される鋼板について高強度化が進められている。例えば、自動車分野においては、燃費向上のために車体の軽量化を目的として、高強度鋼板の使用が増加している。

[0003] 亜鉛系めっきを施した鋼板、特に高強度の鋼板の溶接では、例えば特許文献1に記載されているように、液体金属脆化（LME）割れにより溶接性が低下する場合がある。

[0004] なお、特許文献2は、LME割れを抑制して溶接性を改善した鋼板として、鋼板の表層部に、粒径20nm以上のSi酸化物粒子が3000～6000個/mm<sup>2</sup>の個数密度で、適切な粒径分布で存在する鋼板を開示している。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2019/116531号

特許文献2：国際公開第2020/218575号

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] LME割れの発生を抑制するために、例えば、溶接の際に、めっき層に含まれるZn等が、金属組織がオーステナイト変態した鋼板中へ侵入することを抑制することが有効である。この点においては、改善の余地がある。

[0007] 本発明は、このような実情に鑑み、高い耐LME性を有する鋼板及びめっき鋼板を提供することを課題とするものである。

#### 課題を解決するための手段

[0008] 本発明者らは、前記課題を解決するための手段を鋭意検討した。その結果、焼鈍前の鋼板に適切な条件で投射材によりひずみを付与して適切な表面状態とし、高露点焼鈍を施すことにより、鋼板表層が脱炭され、さらにフェライトがランダム配向したフェライト分率の高い層が形成され、その結果、LMEを抑制することが可能となることを見出した。

[0009] 本発明は上記の知見に基づき、さらに検討を進めてなされたものであり、その要旨は以下のとおりである。

[0010] (1) 引張強さが780MPa以上である鋼板であって、化学成分が、質量%で、C:0.05~0.40%、Si:0.5~3.0%、Mn:0.1~5.0%、sol. Al:0~3.0%、P:0.0300%以下、S:0.0300%以下、N:0.0100%以下、B:0~0.0100%、Ti:0~0.1500%、Nb:0~0.1500%、V:0~0.150%、Cr:0~2.00%、Ni:0~2.00%、Cu:0~2.0000%、Mo:0~1.00%、W:0~1.000%、Ca:0~0.1000%、Mg:0~0.100%、Zr:0~0.100%、Hf:0~0.100%、REM:0~0.1000%を含有し、残部がFe及び不純物からなり、鋼板の表面粗さRaが3.0 $\mu$ m超であり、鋼板表面からの厚さ方向において、C濃度が0.02%以下である深さが8 $\mu$ m以上であり、鋼板表面からの板厚方向において、フェライトの面積率が90%以上である層の厚さが3 $\mu$ m以上であり、鋼板表面に対する入射角1°の斜入射X線回折において、(110)面に相当する回折強度をI(110)、(200)面に相当する回折強度をI(200)、(211)面に相当する回折強度をI(211)とした場合に、 $0.45 \leq I(110) / (I(110) + I(200) + I(211)) \leq 0.90$ を満たすことを特徴とする鋼板。

[0011] (2) 前記鋼板表面からの厚さ方向において、C濃度が0.02%以下である深さが15 $\mu$ m以上であることを特徴とする前記(1)の鋼板。

[0012] (3)  $0.50 \leq I(110) / (I(110) + I(200) + I(211)) \leq 0.75$ を満たすことを特徴とする前記(1)又は(2)の鋼板。

- [0013] (4) 前記鋼板表面からの厚さ方向において、フェライトの面積率が90%以上である層の厚さが20 $\mu$ m以上であることを特徴とする前記(1)～(3)のいずれかの鋼板。
- [0014] (5) 前記鋼板の表面粗さがRaで3.5 $\mu$ m以上であることを特徴とする前記(1)～(4)のいずれかの鋼板。
- [0015] (6) 前記(1)～(5)のいずれかの鋼板の表面の少なくとも一部に、Znを含有するめっき層を備えるめっき鋼板。
- [0016] (7) 前記(1)～(5)のいずれかの鋼板、又は前記(6)のめっき鋼板を含む自動車部材。

### 発明の効果

- [0017] 本発明によれば、高い耐LME性を有する鋼板及びめっき鋼板を得ることができる。

### 図面の簡単な説明

- [0018] [図1]フェライト相がランダム配向している場合としていない場合の斜入射X線回折測定結果の一例を示す図である。
- [図2]実施例における耐LME性評価において対象とした割れの位置を説明する図である。

### 発明を実施するための形態

- [0019] 以下、本発明について説明する。本発明は、以下の形態に限定されるものではない。はじめに、本発明において耐LME性を向上させる概略を説明する。
- [0020] LME割れは、例えばスポット溶接の際に、鋼板の金属組織が加熱されてオーステナイトに変態し、鋼板の表層部におけるオーステナイトの粒界に、めっきが溶融することにより生じた溶融亜鉛が侵入することに起因する。オーステナイト粒界に侵入した溶融亜鉛は鋼板を脆化させ、さらに溶接の際に鋼板に引張応力が加わることによって、生じるものと考えられる。本発明者らは耐LME性を向上させる方法として、鋼板の表層部の金属組織を活用する発想に至った。具体的には、鋼板の表層の組織をC濃度が低く、LME感

受性が低いフェライト相を主体とする金属組織とし、さらに、フェライト相をランダム配向させることにより、LMEの発生を抑制することである。

[0021] フェライト相がランダム配向しているとは、すなわち、フェライト粒界の特徴が全体として平均化されていることを意味する。言い換えると、フェライト相の各フェライト粒子の結晶方位がランダムに配向していることを意味する。フェライト粒子の結晶方位がランダムに配向していることにより、特定方向に配向した粒界が偏在し、連続的又は断続的に連なることが抑制される。LME割れは、粒界エネルギーが局所的に低くなっている粒界へ、めっきからのZnが集中的に侵入することにより生じると考えられる。つまり、粒界エネルギーが局所的に低くなっている粒界が連続して存在すると、そこにめっきからのZnが集中し、LME割れが生じやすくなると考えられる。粒界の特徴が全体として平均化されることによって、粒界エネルギーが局所的に低くなっている粒界が連続的に繋がるものがなくなり、めっきからのZnが局所的に集中することが抑制され、その結果、耐LME性が向上するものと考えられる。

[0022] 本発明において、フェライト相がランダム配向していることを、下記条件式により表現する。すなわち、下記条件式を満たす鋼板は、フェライト相がランダム配向していることを意味する。

[0023] (条件式)

鋼板表面に対する入射角 $1^\circ$ の斜入射X線回折において、(110)面に相当する回折強度を $I(110)$ 、(200)面に相当する回折強度を $I(200)$ 、(211)面に相当する回折強度を $I(211)$ とした場合に、

$$0.45 \leq I(110) / (I(110) + I(200) + I(211)) \leq 0.90$$

[0024] 鋼板を上述のような構成とするために、本発明においては、鋼板を製造する際に、冷間圧延後の鋼板にひずみを付与し、その後、高露点で焼鈍を行う。これにより、脱炭を促進し、鋼板表面にフェライト相を形成しやすくする。さらに、この際に、加湿を開始する温度を制御することによって、フェライト相の配向をランダム化できることを見出した知見に基づき、本発明はな

されたものである。以下、本発明について詳細に説明する。

[0025] [引張強さ]

本発明に係る鋼板は、引張強さが780MPa以上である、すなわち、高強度鋼板である。本発明は、高強度の鋼板で発生するLMEを抑制するものである。本発明に係る鋼板は、具体的には780MPa以上の引張強さを有する。引張強さの上限は特に限定されないが、靱性確保の観点から例えば2000MPa以下であってよい。引張強さの測定は、圧延方向及び板厚方向に直角な方向を長手方向とするJIS5号引張試験片を採取し、JIS Z 2241:2011に準拠して行う。引張強さは、980MPa以上、1180MPa以上であってもよい。鋼板において圧延方向が特定不能な場合は、引張強さの測定に際し、鋼板の表面上の任意の方向を長手方向とするJIS5号試験を採取してもよい。

[0026] [化学成分]

以下、鋼板の化学成分について説明する。化学成分に関する「%」は「質量%」を意味するものとする。また、化学成分における数値範囲において、「~」を用いて表される数値範囲は、「~」の前後に記載される数値を下限値及び上限値として含む範囲を意味する。

[0027] (C: 0.05~0.40%)

C(炭素)は、鋼の強度を確保する元素である。本発明が対象とする780MPa以上の引張強さを得るため、Cの含有量は0.05%以上とする。後述する表層のC濃度が高くなりすぎないように、また、溶接性を考慮して、Cの含有量は0.40%以下とする。Cの含有量は、0.08%以上、0.10%以上、0.15%以上であってよい。Cの含有量は0.37%以下、0.35%以下、0.30%以下であってよい。

[0028] (Si: 0.5~3.0%)

Si(ケイ素)は、フェライト安定化と脱炭を促す元素である。Siが含有されることにより、後述する前処理、熱処理により、表層部で脱炭が進み、かつ、表層部のフェライトが安定化することによって、耐LME性が向上

する。この効果を得るために、Siの含有量は0.5%以上とする。Siの含有量が多すぎると、高露点焼鈍を施しても、外部酸化が進み鋼板の表層に酸化物（スケール）が形成され、反対に最表面での脱炭が抑制され、耐LME性向上の効果が小さくなる。この点を考慮して、Siの含有量は3.0%以下とする。Siの含有量は、0.6%以上、0.7%以上、0.8%以上であってよい。Siの含有量は2.5%以下、2.0%以下、1.5%以下であってよい。

[0029] (Mn : 0.1~5.0%)

Mn（マンガン）は、硬質組織を得ることで鋼の強度を向上させるのに有効な元素である。鋼の強度を考慮して、Mnの含有量は0.1%以上とする。また、Mn偏析による加工性の低下を考慮して、Mnの含有量は5.0%以下とする。Mnの含有量は、0.5%以上、1.0%以上、1.5%以上であってよい。Mnの含有量は、4.5%以下、4.0%以下、3.5%以下であってよい。

[0030] (sol. Al : 0~3.0%)

Al（アルミニウム）は、鋼中に固溶することで、Siと同様に、フェライト安定化と脱炭を促す元素である。sol. Alとは、 $Al_2O_3$ 等の酸化物になっておらず、酸に可溶する酸可溶Alを意味し、Alの分析過程で生じる、ろ紙上の不溶解残渣を控除して測定したAlとして求められる。本発明の鋼板においては、sol. Alの役割はSiを含有させることでも得られるので、sol. Alは必須ではなく、sol. Alの含有量の下限は0%である。sol. Alの含有量が多すぎると、高露点焼鈍を施しても、外部酸化が進み鋼板の表層に酸化物（スケール）が形成され、反対に最表面での脱炭が抑制され、耐LME性向上の効果が小さくなる。この点を考慮して、sol. Alの含有量は3.0%以下とする。sol. Alの含有量は、0.1%以上、0.3%以上、0.5%以上であってよい。sol. Alの含有量は2.0%以下、1.5%以下、1.0%以下であってよい。

[0031] Si及びsol. Alは、上述のとおり、過剰に添加すると耐LME性を

低下させる元素でもあるので、Siとsol、Alの含有量の合計値が1.8%以下であることが好ましい。Siとsol、Alの含有量の合計は1.7%以下、1.6%以下、1.5%以下であってよい。

[0032] (P : 0.0300%以下)

P (リン) は、一般に鋼に含有される不純物である。Pの含有量が0.0300%超では溶接性が低下するおそれがある。したがって、Pの含有量は0.0300%以下とする。Pの含有量は、0.0200%以下、0.0100%以下、0.0050%以下であってよい。Pは含有されないことが好ましく、Pの含有量の下限は0%である。脱燐コストの観点から、Pの含有量は0%超、0.0001%以上、0.0005%以上であってよい。

[0033] (S : 0.0300%以下)

S (硫黄) は、一般に鋼に含有される不純物である。Sの含有量が0.0300%超では溶接性が低下し、さらに、MnSの析出量が増加して曲げ性等の加工性が低下するおそれがある。したがって、Sの含有量は0.0300%以下とする。Sの含有量は、0.0100%以下、0.0050%以下、0.0020%以下であってよい。Sは含有されないことが好ましく、Sの含有量の下限は0%である。脱硫コストの観点から、Sの含有量は0%超、0.0001%以上、0.0005%以上であってよい。

[0034] (N : 0.0100%以下)

N (窒素) は、一般に鋼に含有される不純物である。Nの含有量が0.0100%超では溶接性が低下するおそれがある。したがって、Nの含有量は0.0100%以下とする。Nの含有量は、0.0080%以下、0.0050%以下、0.0030%以下であってよい。Nは含有されないことが好ましく、Nの含有量の下限は0%である。製造コストの観点からNの含有量は0%超、0.0005%以上、0.0010%以上であってよい。

[0035] (O : 0.0030%以下)

O (酸素) は、酸化物を形成し、鋼板の加工性を低下させる元素である。Oの含有量が多すぎると、酸化物が過剰に生成する等して、鋼板の加工性が

低下しやすい。したがって、Oの含有量は0.0030%以下とする。Oの含有量は0.0026%以下、0.0024%以下、0.0020%以下、0.0018%以下であってもよい。Oは含有されないことが好ましく、Oの含有量の下限は0%である。製造コストの観点からOの含有量は0%超、0.0005%以上、0.0010%以上であってもよい。

[0036] (B : 0~0.0100%)

B (ホウ素) は、焼入れ性を高めて強度の向上に寄与し、また粒界に偏析して粒界を強化して靱性を向上させる元素であるため、必要に応じて含有していてもよい。必須の元素ではないのでBの含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含有させる場合のBの含有量は、0.0001%以上であることが好ましい。また、十分な靱性を確保する観点から、Bの含有量は0.0100%以下とする。Bの含有量は、0.0002%以上、0.0003%以上、0.0005%以上であってよい。Bの含有量は、0.0080%以下、0.0060%以下、0.0040%以下、0.0020%以下であってよい。

[0037] (Ti : 0~0.1500%)

Ti (チタン) は、TiCとして鋼の冷却中に析出し、強度の向上に寄与する元素であるため、必要に応じて含有していてもよい。必須の元素ではないのでTiの含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含有させる場合のTiの含有量は、0.0001%以上であることが好ましい。Tiの含有量は0.0003%以上、0.0005%以上であってよい。一方、過剰に含有すると粗大なTiNが生成して靱性が損なわれるおそれがあるため、Tiの含有量は0.1500%以下とする。Tiの含有量は、0.1000%以下、0.0500%以下、0.0050%以下、0.0020%以下であってよい。

[0038] (Nb : 0~0.1500%)

Nb (ニオブ) は焼入れ性の向上を通じて強度の向上に寄与する元素であるため、必要に応じて含有していてもよい。必須の元素ではないのでNbの

含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含有させる場合のNbの含有量は、0.0001%以上であることが好ましい。Nbの含有量は、0.0005%以上、0.0010%以上であってよい。一方、十分な靱性を確保する観点から、Nbの含有量は、0.1500%以下とする。Nbの含有量は0.1000%以下、0.0600%以下、0.0200%以下であってよい。

[0039] (V : 0~0.150%)

V (バナジウム) は焼入れ性の向上を通じて強度の向上に寄与する元素であるため、必要に応じて含有していてもよい。必須の元素ではないのでVの含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含有させる場合のVの含有量は、0.001%以上であることが好ましい。Vの含有量は、0.003%以上、0.005%以上、0.008%以上であってよい。一方、十分な靱性を確保する観点から、Vの含有量は、0.150%以下とする。Vの含有量は、0.100%以下、0.060%以下、0.020%以下であってよい。

[0040] (Cr : 0~2.00%)

Cr (クロム) は、鋼の焼入れ性を高めて、鋼の強度を高めるのに有効であるため、必要に応じて含有していてもよい。必須の元素ではないのでCrの含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含有させる場合のCrの含有量は、0.001%以上であることが好ましい。Crの含有量は、0.01%以上、0.05%以上、0.10%以上であってよい。一方、過剰に含有するとCr炭化物が多量に形成し、逆に焼入れ性が損なわれるおそれがあるため、Crの含有量は、2.00%以下とする。Crの含有量は1.80%以下、1.50%以下、0.50%以下、0.20%以下であってよい。

[0041] (Ni : 0~2.00%)

Ni (ニッケル) は、鋼の焼入れ性を高めて、鋼の強度を高めるのに有効であるため、必要に応じて含有していてもよい。必須の元素ではないのでN

iの含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含有させる場合のNiの含有量は、0.001%以上であることが好ましい。Niの含有量は0.01%以上、0.02%以上、0.05%以上であってよい。一方、Niの過剰な添加はコストが上昇するため、Niの含有量は2.00%以下とする。Niの含有量は、1.80%以下、1.50%以下、0.50%以下、0.20%以下であってよい。

[0042] (Cu : 0~2.0000%)

Cu(銅)は、鋼の焼入れ性を高めて、鋼の強度を高めるのに有効であるため、必要に応じて含有していてもよい。必須の元素ではないのでCuの含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含有させる場合のCuの含有量は、0.0001%以上であることが好ましい。Cuの含有量は0.0002%以上、0.0005%以上であってよい。一方、靱性低下や鋳造後のスラブの割れを抑制する観点から、Cuの含有量は2.0000%以下とする。Cuの含有量は、1.8000%以下、1.5000%以下、0.0050%以下、0.0020%以下であってよい。

[0043] (Mo : 0~1.00%)

Mo(モリブデン)は、鋼の焼入れ性を高めて、鋼の強度を高めるのに有効であるため、必要に応じて含有していてもよい。必須の元素ではないのでMoの含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含有させる場合のMoの含有量は、0.001%以上であることが好ましい。Moの含有量は、0.01%以上、0.02%以上、0.03%以上であってよい。一方、靱性の低下を抑制する観点から、Moの含有量は1.00%以下とする。Moの含有量は0.80%以下、0.60%以下、0.20%以下であってよい。

[0044] (W : 0~1.000%)

W(タングステン)は、鋼の焼入れ性を高めて、鋼の強度を高めるのに有効であるため、必要に応じて含有していてもよい。必須の元素ではないのでWの含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含

有させる場合のWの含有量は、0.001%以上であることが好ましい。Wの含有量は0.002%以上、0.003%以上であってよい。一方、靱性の低下を抑制する観点から、Wの含有量は1.000%以下とする。Wの含有量は0.800%以下、0.600%以下、0.300%以下、0.100%以下、0.020%以下であってよい。

[0045] (Ca : 0~0.1000%)

Ca (カルシウム) は、介在物制御、特に介在物の微細分散化に寄与し、靱性を高める作用を有する元素であるため、必要に応じて含有していてもよい。必須の元素ではないのでCaの含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含有させる場合のCaの含有量は、0.0001%以上であることが好ましい。Caの含有量は0.0002%以上、0.0003%以上であってよい。一方、過剰に含有すると表面性状の劣化が顕在化する場合があるため、Caの含有量は0.1000%以下とする。Caの含有量は0.0800%以下、0.0500%以下、0.0300%以下、0.0100%以下、0.0010%以下であってよい。

[0046] (Mg : 0~0.100%)

Mg (マグネシウム) は、介在物制御、特に介在物の微細分散化に寄与し、靱性を高める作用を有する元素であるため、必要に応じて含有していてもよい。必須の元素ではないのでMgの含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含有させる場合のMgの含有量は、0.0001%以上であることが好ましい。Mgの含有量は、0.0005%以上、0.0008%以上であってよい。一方、過剰に含有すると表面性状の劣化が顕在化する場合があるため、Mgの含有量は0.100%以下とする。Mgの含有量は0.090%以下、0.080%以下、0.030%以下、0.010%以下、0.002%以下であってよい。

[0047] (Zr : 0~0.100%)

Zr (ジルコニウム) は、介在物制御、特に介在物の微細分散化に寄与し、靱性を高める作用を有する元素であるため、必要に応じて含有していても

よい。必須の元素ではないのでZrの含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含有させる場合のZrの含有量は、0.001%以上であることが好ましい。Zrの含有量は0.005%以上、0.010%以上であってよい。一方、過剰に含有すると表面性状の劣化が顕在化する場合があるため、Zrの含有量は0.100%以下とする。Zrの含有量は、0.050%以下、0.030%以下であってよい。

[0048] (Hf : 0~0.100%)

Hf (ハフニウム) は、介在物制御、特に介在物の微細分散化に寄与し、靱性を高める作用を有する元素であるため、必要に応じて含有していてもよい。必須の元素ではないのでHfの含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含有させる場合のHfの含有量は、0.0001%以上であることが好ましい。Hfの含有量は、0.0003%以上、0.0005%以上であってよい。一方、過剰に含有すると表面性状の劣化が顕在化する場合があるため、Hfの含有量は0.100%以下とする。Hfの含有量は、0.050%以下、0.030%以下、0.010%以下、0.005%以下、0.002%以下であってよい。

[0049] (REM : 0~0.1000%)

REM (希土類元素) は、介在物制御、特に介在物の微細分散化に寄与し、靱性を高める作用を有する元素であるため、必要に応じて含有していてもよい。必須の元素ではないのでREMの含有量の下限は0%である。この効果は微量の含有でも得られるが、含有させる場合のREMの含有量は、0.0001%以上であることが好ましい。REMの含有量は、0.0003%以上、0.0005%以上であってよい。一方、過剰に含有すると表面性状の劣化が顕在化する場合があるため、REMの含有量は0.1000%以下とする。REMの含有量は、0.0500%以下、0.0300%以下、0.0100%以下、0.0050%以下、0.0020%以下であってよい。なお、REMとは、Rare Earth Metalの略であり、ランタノイド系列に属する元素をいう。REMは通常ミッシュメタルとして添加

される。

[0050] 本発明に係る鋼板において、上記化学成分以外の残部は、Fe及び不純物からなる。本発明に係る鋼板において、残部は、Fe及び不純物であってもよい、すなわち、残部は、Fe及び不純物のみからなるものであってもよい。ここで、不純物とは、鋼板を工業的に製造する際に、鉱石やスクラップ等のような原料をはじめとして、製造工程の種々の要因によって混入する成分であって、本発明に係る鋼板の耐LME性、水素脱離性に悪影響を与えない、すなわち、本発明の鋼板に求められる耐LME性、水素脱離性が得られる範囲で含有されるものを意味する。

[0051] 鋼板の化学成分の分析は、当業者に公知の元素分析法を用いればよく、例えば、誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS法）により行われる。ただし、C及びSについては燃焼-赤外線吸収法を用い、Nについては不活性ガス融解-熱伝導度法を用いて測定するとよい。Oについては、不活性ガス中融解-赤外線吸収法を用いる。これらの分析は、鋼板からJIS G0417：1999に準拠した方法で採取したサンプルで行えばよい。

[0052] 次に、鋼板の表層部について説明する。ここで、鋼板の表層部とは、鋼板（鋼板の板面）の表面から鋼板の板厚方向に所定距離までの深さを有する層状の領域を意味する。めっき鋼板の場合には、鋼板（鋼板の板面）の表面は、めっきを除く鋼板（の板面）の表面を意味する。なお、板厚方向における所定距離は、後述する「表層のC濃度が0.02%以下である深さ」又は「フェライト相の面積率が90%以上である層の深さ」のうち、長い（深い）方の長さ（深さ）とすることができる。

[0053] [表面粗さRa]

本発明の鋼板は、鋼板の表面粗さRaが3.0 $\mu$ m超である。表面粗さRaは、JIS B0601：2013で定義される算術平均粗さRaである。めっき鋼板の場合、表面粗さRaは、めっきを除く鋼板とめっき層の界面の粗さとする。

[0054] 本発明においては、表面粗さRaを測定するに際して、JIS B 06

01 : 2013に準拠して、鋼板の表面において、ランダムに、各測定箇所どうしの間隔が1mm以上となるように10個の測定箇所を選ぶ。それぞれの測定箇所において、表面プロファイルをレーザー顕微鏡（例えば、Keyence社製「VK-X3000」）によって測定する。具体的には、レーザー顕微鏡を用いて、倍率20倍で撮影し、撮影した画像において、基準長さ2000 $\mu\text{m}$ として、それぞれの測定箇所における算術平均粗さ（Ra）を求める。それぞれの測定箇所において求めた10点の算術平均粗さ（Ra）の算術平均値を「表面粗さRa」とする。

[0055] 粗さが大きくなると水素が脱離しやすくなり、耐水素脆化性が向上する。表面粗さRaを3.0 $\mu\text{m}$ 超とすることにより、耐水素脆化性が向上する。耐水素脆化性の観点からは、表面粗さRaは、3.2 $\mu\text{m}$ 以上であると好ましく、3.4 $\mu\text{m}$ 以上、3.5 $\mu\text{m}$ 以上、3.6 $\mu\text{m}$ 以上、3.8 $\mu\text{m}$ 以上、4.0 $\mu\text{m}$ 以上であるとより好ましい。

[0056] [表層のC濃度が0.02%以下である深さ]

本発明の鋼板においては、鋼板表面から板厚方向において、GDS（グロー放電分光分析）で測定したC濃度が0.02%以下である深さが8 $\mu\text{m}$ 以上である。

[0057] LMEの感受性はC濃度が低くなると低下するので、表層のC濃度を低くすることで耐LME性が向上する。また、Cはオーステナイト安定化元素であるので、これが少ないことにより、LME感受性の低い層が安定化する。さらに、表層のCが少ないと、鋼中に侵入した水素が抜けやすく、水素脱離性が向上する。これは、フェライト相中における、侵入型元素であるCの存在が少ないことにより、水素が通りやすくなるためと推測される。

[0058] このような表層組織（鋼板の表層部における金属組織）は、鋼板の化学成分を前述のとおりとし、後述する前処理工程、及び焼鈍工程を施すことにより生成される脱炭層として得ることができる。

[0059] C濃度が0.02%以下である深さが8 $\mu\text{m}$ 以上であれば耐LME性向上に寄与するので、C濃度が0.02%以下である深さの上限は特に限定され

ない。C濃度が0.02%以下である深さは、例えば、50 $\mu$ m以下、40 $\mu$ m以下、30 $\mu$ m以下であってよい。C濃度が0.02%以下である深さは、好ましくは、10 $\mu$ m以上、より好ましくは12 $\mu$ m以上、さらに好ましくは15 $\mu$ m以上、20 $\mu$ m以上である。

[0060] GDS測定は板厚方向に5つの測定点で行い、各測定点において、C濃度が0.02%以下である領域の深さの算術平均値を、表層のC濃度が0.02%以下である深さとする。5つの測定点は、鋼板表面の各測定点どうしが5mm以上の間隔を有するようにランダムに決定する。測定条件は、以下のとおりとする。当然ながら、例えば測定装置等、以下の条件通りでなくとも測定結果は得られるが、当該測定結果に差異が生じる場合には、以下の条件のとおりによる測定結果によって本発明に係る鋼板は特定される。

[0061] 装置：高周波グロー放電発光分析装置（LECOジャパン合同会社製、型番「GDS850A」

Arガス圧力：0.3MPa

アノード径：4mm $\phi$

RF出力：30W

計測時間：200～1500秒

[0062] [高フェライト層（フェライトの面積率が90%以上である層）の厚さ]  
本発明の鋼板においては、鋼板表面からの厚さ方向において、フェライト相の面積率が90%以上である層（以下「高フェライト層」という）の厚さが3 $\mu$ m以上である。

[0063] 高フェライト層の厚さが3 $\mu$ m以上となれば耐LME性向上に寄与するので、その厚さの上限は特に限定されない。高フェライト層の厚さは、例えば、100 $\mu$ m以下、80 $\mu$ m以下、60 $\mu$ m以下、40 $\mu$ m以下であってよい。高フェライト層の厚さは、好ましくは5 $\mu$ m以上、より好ましくは8 $\mu$ m以上、さらに好ましくは10 $\mu$ m以上、20 $\mu$ m以上である。

[0064] 高フェライト層における、フェライト以外の組織は限定されない。例えば、マルテンサイト、ベイナイト、セメンタイトのいずれか1種以上とするこ

とができる。

[0065] 高フェライト層の厚さは、鋼板の板厚断面を機械研磨により鏡面仕上げした後、ナイタールエッチングした観察断面を、SEM観察により二次電子像を解析することにより測定する。SEM観察には、電界放射型走査型電子顕微鏡（例えば、日本電子社製「JSM 7000F」、加速電圧：15 kV）を用いる。観察断面において、鋼板（板面）の表面から板厚方向（観察断面の縦方向）に500  $\mu$ mの深さまでの深さ範囲、板厚方向に直交する方向（観察断面の横方向）に600  $\mu$ mの幅範囲を観察視野とする。当該観察断面において、板厚方向に直交する方向（観察断面の横方向）に、観察視野どうしが1000  $\mu$ m以上の間隔を有するように5つの観察視野についてSEM観察し、二次電子像を得る。観察解像度は1280×960ピクセルとする。なお、めっき鋼板の場合、鋼板（板面）の表面は、めっきを除いた鋼板の表面である。

[0066] 得られた5つの二次電子像について、ポイントカウンティング法によってフェライトの分率を算出する。より具体的には、まず、二次電子像上に等間隔の格子を描画する。次に、格子の各格子点における組織がフェライトである格子点の数を求め、総格子点数で除することにより、フェライトの分率を測定する。総格子点数が多いほど面積率を正確に求めることができる。本発明においては、格子間隔は2  $\mu$ m×2  $\mu$ mとし、総格子点数は1500点とする。

[0067] 二次電子像において、輝度が相対的に小さく、かつ下部組織が認められない領域をフェライトと判断することができる。ここで、下部組織とは、ラスやブロック等の旧オーステナイト相の内部に形成された変態組織を意味する。二次電子像において、フェライトは、輝度が相対的に低く、比較的輝度や色調が単調な広がりを持つ領域として観察される。本発明において、フェライト以外の金属組織については、特段判別する必要はないが、焼戻しマルテンサイト、パーライト、フェライト、フレッシュマルテンサイト若しくは残留オーステナイト、又はベイナイトの二次電子像における判別基準を以下

に示す。粒内に下部組織（ラス境界、ブロック境界）を有し、かつ、炭化物が複数のバリエーションを持って析出している領域を焼戻しマルテンサイトと判断する。また、セメンタイトがラメラ状に析出している領域をパーライトと判断する。輝度が大きく、かつ下部組織がエッチングにより現出されていない領域をフレッシュマルテンサイト、又は残留オーステナイトと判断する。上記のいずれにも該当しない領域をベイナイトと判断する。簡易的には、フェライトとそれ以外の組織に区別すれば、フェライト相の面積率は求めることができる。

[0068] フェライトはLME感受性が低い。鋼板の表層組織が、フェライトを主体とする組織であると、耐LME性向上の観点から好ましい。このような表層組織は、鋼板の化学成分を前述のとおりとし、後述する前処理工程、及び焼鈍工程を施すことにより得ることができる。

[0069] [斜入射X線回折（XRD）によるフェライト相の回折強度比]

本発明の鋼板は、鋼板表面に対する入射角 $1^\circ$ の斜入射X線回折において、 $(110)$ 面に相当する回折強度を $I(110)$ 、 $(200)$ 面に相当する回折強度を $I(200)$ 、 $(211)$ 面に相当する回折強度を $I(211)$ とした場合に、

$$0.45 \leq I(110) / (I(110) + I(200) + I(211)) \leq 0.90$$

の条件式を満たす。

[0070] 条件式の中辺「 $I(110) / (I(110) + I(200) + I(211))$ 」の値は $0.85$ 以下であることが好ましく、 $0.80$ 以下がより好ましく、 $0.75$ 以下がさらに好ましい。また、 $I(110) / (I(110) + I(200) + I(211))$ は $0.50$ 以上であることが好ましい。条件式は、フェライト相がランダム配向していることを意味する。フェライト相が完全にランダムに配向している場合、中辺の値は $0.67$ である。

[0071] ここで、斜入射X線回折（斜入射XRD、低角入射XRD、傾斜XRDともいう）は、入射X線の入射角度を小さく設定し、当該入射角度を維持したまま、検出器のみをスキャンさせる（検出角度を変化させる）測定手法である。これにより、試料の表層部の数 $\mu\text{m}$ 程度の深さまでの結晶粒子の配向性

の情報を効率よく検出することができる。本発明においては、X線の入射角度を $1^\circ$ に固定して、鋼板の表層部におけるフェライトの配向性を検出する。なお、入射角度は、試料（鋼板）の表面と、入射X線の入射方向とがなす角度である。

[0072] 図1に、フェライト相がランダム化している場合（b）と、していない場合（a）の、斜入射XRD解析の結果の例を示す。（a）は、通常（従来）の鋼板における斜入射XRD解析の結果であり、（110）方向へ配向した状態にあることが判る。そのため、条件式中の辺「 $I(110) / (I(110) + I(200) + I(211))$ 」の値は0.91と相対的に大きくなる。（b）は、本発明の鋼板における斜入射XRD解析の結果であり、（a）と比較して（110）方向への配向が小さくなっている。そのため、条件式中の辺「 $I(110) / (I(110) + I(200) + I(211))$ 」の値は0.58と相対的に小さくなる。

[0073] [めっき層]

本発明の鋼板は、後述するようにめっき層を有することができる。めっき層を有する場合、GDS測定でC濃度が0.02%以下である深さ、フェライト相の面積率が90%以上である層の厚さの起点は、めっきを除いた鋼板とめっき層の界面である。本発明における鋼板とめっき層の界面は、以下のようにして定める。まず、GDS測定でめっき鋼板の厚み方向におけるFe含有量を測定する。このFe含有量が最も高い値を鋼板のFe含有量とする。この鋼板のFe含有量の93%のFe含有量となる地点を「鋼板とめっき層の界面」と規定する。

[0074] <めっき鋼板>

本発明に係るめっき鋼板は、上述した本発明に係る鋼板上にZnを含有するめっき層を有するものである。このめっき層は鋼板の板面の片面に形成されていても、両面に形成されていてもよい。また、面の一部にのみ形成されていてもよい。めっき層は合金化処理が施されたものであってもよい。

[0075] [めっき層の化学成分]

めっき層の化学成分はZnを含有するものであれば限定されない。Znを

含むめっき層としては、例えば、Zn-0.2%Al(GI)、Zn-(0.3~1.5)%Al、Zn-4.5%Al、Zn-0.09%Al-10%Fe(GA)、Zn-1.5%Al-1.5%Mg、Zn-11%Al-3%Mg-0.2%Si、Zn-11%Ni、又はZn-15%Mgなどを用いることができる。

[0076] めっき層の化学成分は、鋼板の腐食を抑制するインヒビターを加えた酸溶液にめっき層を溶解し、得られた溶液をICP（高周波誘導結合プラズマ）発光分光法によって測定することにより決定することができる。めっき層を溶解するためのインヒビターを加えた酸溶液として、例えば、0.06質量%インヒビター（朝日化学工業社製、イビット710K）を加えた10質量%塩酸溶液を用いてよい。

[0077] めっき層の厚さは、例えば3~50 $\mu\text{m}$ であってよい。また、めっき層の付着量は、特に限定されないが、例えば、片面当たり10~170 $\text{g}/\text{m}^2$ であってよい。本発明において、めっき層の付着量は、鋼板の腐食を抑制するインヒビターを加えた酸溶液にめっき層を溶解し、めっき層酸洗剥離前後の重量変化から決定される。

[0078] 鋼板とめっき層との界面の粗さ（表面粗さRa）は、上述の鋼板の表面の粗さに相当し、表面粗さRaは3.0 $\mu\text{m}$ 超である。水素脱離の観点から、表面粗さRaは3.2 $\mu\text{m}$ 以上、3.4 $\mu\text{m}$ 以上、3.6 $\mu\text{m}$ 以上、3.8 $\mu\text{m}$ 以上、4.0 $\mu\text{m}$ 以上であってよい。界面の粗さ（表面粗さRa）は、めっき層を除去して測定した鋼板の表面粗さとしてよい。めっき層は、インヒビターを加えた酸溶液にめっき層を溶解することで、酸洗除去する。

[0079] なお、本発明の鋼板は、亜鉛めっきを備えていないものであっても、耐LME性向上の効果を発揮することができる。一般的に、亜鉛めっきが施されていない鋼板同士をスポット溶接した場合には、熔融した亜鉛に接する状況がスポット溶接部近傍に生じない限りLME割れが生じることはない。しかし、一方が亜鉛めっきが施された鋼板、他方が亜鉛めっきが施されていない鋼板でスポット溶接された場合、溶接時に鋼板同士の重ね合わせ面に熔融し

た亜鉛が生じる。このため、溶融した亜鉛が、めっきが施されていない鋼板の表面に接し、LME割れが生じる可能性がある。

[0080] 本発明の鋼板、めっき鋼板の板厚は、特に限定されない。例えば、0.1～3.2mmとすることができる。板厚は、0.2mm以上、0.4mm以上、0.6mm以上であってよい。板厚は、3.0mm以下、2.5mm以下、2.0mm以下、1.8mm以下であってよい。

[0081] 《製造方法》

次に、本発明に係る鋼板の製造方法について説明する。本発明に係る鋼板は、例えば、化学成分を調整した溶鋼を鑄造して鋼片を形成する鑄造工程、鋼片を熱間圧延して熱延鋼板を得る熱延工程、熱延鋼板を巻取る巻取工程、巻取った熱延鋼板を冷間圧延して冷延鋼板を得る冷延工程、冷延鋼板に対して前処理（グリットブラスト処理）する前処理工程、及び前処理した冷延鋼板を焼鈍する焼鈍工程を備える製造方法によって得ることができる。代替的に、熱延工程後に熱延鋼板を巻取らず、酸洗してそのまま冷延を行ってもよい。

[0082] <鑄造工程>

鑄造工程の条件は特に限定されない。例えば、高炉や電炉等による溶製に引き続き、各種の二次製錬を行い、次いで、通常連続鑄造、インゴット法による鑄造などの方法で鑄造すればよい。

[0083] <熱延工程>

鑄造により得られた鋼片を熱間圧延して熱延鋼板を得ることができる。熱延工程は、鑄造した鋼片を直接又は一旦冷却した後に再加熱して熱間圧延することにより行われる。再加熱を行う場合には、鋼片の加熱温度は、例えば1100～1250℃であればよい。熱延工程においては、通常、粗圧延と仕上圧延とが行われる。各圧延の温度や圧下率は、所望の金属組織や板厚に応じて適宜変更すればよい。例えば、仕上圧延の終了温度は900～1050℃、仕上圧延の圧下率は10～50%であってよい。

[0084] <巻取工程>

熱延鋼板は所定の温度で巻取ることができる。巻取温度は、所望の金属組織等に応じて適宜変更すればよく、例えば500～800℃であればよい。巻取る前又は巻取った後に巻戻して、熱延鋼板に所定の熱処理を与えてもよい。代替的に、巻取工程は行わずに熱延工程後に熱延鋼板を酸洗して後述する冷延工程を行うこともできる。

[0085] <冷延工程>

熱延鋼板に酸洗等を行った後、熱延鋼板を冷間圧延して冷延鋼板を得ることができる。冷間圧延の圧下率は、所望の金属組織や板厚に応じて適宜変更すればよく、例えば、20～80%であればよい。冷延工程後は、例えば空冷して室温まで冷却すればよい。

[0086] <前処理工程>

前述したような鋼板の表層の組織を得るためには、所定の前処理を行い、その後、焼鈍を行う必要がある。

[0087] 前処理は、角状の投射材を用いて、冷延鋼板に表面に投射するグリットブラスト処理を施すことを含む。使用できる投射材は特に限定されないが、例えば、平均粒径が100～500 $\mu$ mである多角形状の鋼グリットを用いることができる。このようなグリットとして、例えば、WINOA I K K JAPAN社製のTGD-30が挙げられる。これにより、鋼板の表面粗さRaを大きくしつつ、鋼板の表層部にひずみを導入することができる。グリットの投射量は5～400kg/m<sup>2</sup>であるとよい。このようなグリットブラスト処理を行うことで、後述する焼鈍工程において、脱炭が促進され、フェライトが安定した組織を効率的に鋼板の表層に形成することができる。投射量が多いほど、耐LME性向上の効果は大きくなるが、一定の投射量、例えば400kg/m<sup>2</sup>を超えると、効果は飽和する。なお、投射量400kg/m<sup>2</sup>の水準の単位時間・単位面積あたりは4.0×10<sup>-4</sup>kg/(mm<sup>2</sup>・min)である。

[0088] <焼鈍工程>

前処理工程を行った冷延鋼板に焼鈍を施す。

- [0089] 本発明においては、グリットブラスト処理によりひずみを付与された鋼板を、所定の保持温度かつ高露点で保持することを含む焼鈍工程を施す。所定の保持温度までの昇温速度は、特に限定されず、 $1\sim 10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ で行えばよい。露点の制御は、 $300^{\circ}\text{C}$ 以上 $600^{\circ}\text{C}$ 未満からの加湿制御、好ましくは $400\sim 550^{\circ}\text{C}$ からの加湿制御とする。すなわち、露点（加湿）制御開始温度は、 $300^{\circ}\text{C}$ 以上、 $600^{\circ}\text{C}$ 未満であり、好ましくは $450\sim 550^{\circ}\text{C}$ の範囲内である。露点（加湿）制御しなかった場合の露点は、通常 $-30^{\circ}\text{C}$ 未満である。焼鈍時の露点（高露点）は、脱炭を促進するために、 $-30\sim 20^{\circ}\text{C}$ とする。焼鈍時の露点（高露点）は、好ましくは $-10^{\circ}\text{C}$ 以上である。また、焼鈍時の露点は、好ましくは、 $5^{\circ}\text{C}$ 以下である。焼鈍工程における所定の保持温度（最高加熱温度）は、脱炭を促進するために、 $750\sim 900^{\circ}\text{C}$ とし、好ましくは $770\sim 870^{\circ}\text{C}$ である。焼鈍工程の保持温度（最高加熱温度）での保持時間は、 $20\sim 300$ 秒間とし、好ましくは $50\sim 200$ 秒間である。また、雰囲気は、非酸化性雰囲気が好ましく、例えば、 $\text{N}_2-1\sim 10\text{vol}\% \text{H}_2$ 、 $\text{N}_2-2\sim 4\text{vol}\% \text{H}_2$ とすることができる。
- [0090] 露点、保持温度、保持時間を上記のような範囲にすることで、脱炭を促進し、表層のC濃度を低下させ、フェライト相分率を適切に制御することができる。さらに、露点（加湿）制御開始温度を上記のような範囲とすることによって、鋼板の表層部の脱炭が促進される。あわせて、SiやMnの内部酸化が急激に進み、内部酸化物が急激に形成され、形成された内部酸化物が核生成サイトとして機能し、その結果、フェライト相の配向がランダム化する。露点（加湿）制御開始温度が低すぎると、外部酸化が進み、SiやMnの内部酸化が進行しなくなるので、フェライト相の配向がランダム化しにくくなる。
- [0091] 焼鈍は、例えば $1\sim 20\text{MPa}$ の張力（テンション）をかけた状態で行う。焼鈍時に張力をかけると鋼板にひずみをより効果的に導入することが可能となり、表層の脱炭が促進される。
- [0092] 上述した各工程を行うことにより、鋼板の表層部において脱炭が促進され

、鋼板の表層部がランダム配向したフェライト相を主体とした組織である鋼板を得ることができる。

[0093] 《めっき鋼板の製造方法》

本発明に係るめっき鋼板は、上述のように製造した鋼板の表面上にめっき層を形成するめっき処理工程を行うことで得ることができる。

[0094] <めっき処理工程>

めっき処理は、当業者に公知の方法に従って行えばよい。めっき処理は、例えば、溶融めっきにより行ってもよく、電気めっきにより行ってもよい。好ましくは、めっき処理は溶融めっきにより行われる。めっき処理の条件は、所望のめっき層の化学成分、厚さ及び付着量等を考慮して適宜設定すればよい。めっき処理工程の後、公知の合金化処理工程を行い、合金化めっきとしてもよい。

[0095] 本発明に係る鋼板及びめっき鋼板は、高強度であり、高い耐LME性及び水素脱離性を有するため、自動車、家電製品、建材等の広い分野において好適に使用することができる。特に自動車分野において、好適に使用することができる。自動車用に用いられる鋼板及びめっき鋼板は、スポット溶接されることが多く、その場合にLME割れが発生しやすくなる。そのため、本発明に係る鋼板及びめっき鋼板を自動車用鋼板として使用した自動車部材として、高い耐LME性を有するという本発明の効果が好適に発揮される。

## 実施例

[0096] 以下、実施例によって本発明をより詳細に説明する。本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0097] <試験No. 1>

表1の試験No. 1に記載の化学成分に調整した溶鋼を高炉で溶製し、連続鋳造で鋳造して鋼片を得た。得られた鋼片を1200℃に加熱し、仕上圧延の終了温度を950℃、仕上圧延の圧下率を30%として熱間圧延を施し、熱延鋼板を得た。得られた熱延鋼板を巻取温度650℃で巻取り、酸洗を施した後、圧下率50%で冷間圧延を施し、冷延鋼板を得た。冷延鋼板の板

厚は1.6mmとした。

[0098] 次に、得られた冷延鋼板の表面に、投射材としてWINOAIKKJAPAN社製のTGD-30を用い、投射量5kg/m<sup>2</sup>で投射するグリットブラスト処理を施した。グリットブラスト処理後の冷延鋼板の表面粗さRaは3.3μmであった。

[0099] 続いて、グリットブラスト処理を施した冷延鋼板を、酸素濃度20ppm以下の炉内においてN<sub>2</sub>-4%H<sub>2</sub>ガス雰囲気、500℃まで昇温速度6.0℃/秒で昇温し、さらに、800℃まで昇温速度2.0℃/秒で昇温して、40秒保持する焼鈍処理を施した。このとき、300℃から露点が0℃となるよう、露点の制御を開始した。焼鈍処理は、鋼板に5.0MPaの張力をかけた状態で行った。

[0100] さらに、焼鈍後の鋼板を450℃の溶融亜鉛めっき浴(Zn-0.14%Al)に3秒間浸漬した後、100mm/秒で引き抜き、N<sub>2</sub>ワイピングガスによりめっき付着量を50g/m<sup>2</sup>に制御した。その後、520℃、30秒で合金化処理を施し、合金化溶融亜鉛めっき鋼板を得た。

[0101] <試験No. 2~55>

鋼板の化学成分を表1又は表2に記載したもの、前処理工程の条件、焼鈍工程の条件を表3に記載したもの、めっき種を表4に記載したものとした他は実施例1と同様の条件で、鋼板又はめっき鋼板を作製した。なお、試験No. 32はグリットブラスト処理を省略し、試験No. 35では、グリットブラスト処理に代えて、ブラシを用いた研削による表面処理を行った。表4中のめっき種は、「a」は合金化溶融亜鉛めっき、「b」は溶融亜鉛めっきで、実施例1における合金化処理を省略したもの、「c」は、めっき浴をZn-1.5%Al-1.5%Mgとし、合金化処理を省略したもの、「非めっき」は、めっき処理を施していない冷延鋼板を意味する。

[0102]

[表1]

表 1

化学成分 (質量%) 残部: Fe及び不純物

試験 No.	区分	化学成分 (質量%)										Ti	Nb	その他	
		C	Si	Mn	sol. Al	P	S	N	O	B	Fe				
1	本発明例	0.05	1.5	2.4	0.0	0.0001	0.0010	0.0005	0.0013	-	-	-	-	-	-
2	本発明例	0.05	1.5	2.5	0.0	0.0001	0.0003	0.0007	0.0008	0.0002	0.0008	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3	本発明例	0.10	3.0	3.0	0.2	0.0080	0.0003	0.0002	0.0011	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	本発明例	0.10	1.5	2.0	0.2	0.0080	0.0003	0.0002	0.0016	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
5	本発明例	0.10	1.0	2.5	0.5	0.0080	0.0005	0.0001	0.0012	0.0010	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	Hf:0.001
6	本発明例	0.10	1.0	2.0	0.5	0.0080	0.0005	0.0007	0.0011	0.0001	0.0006	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
7	本発明例	0.10	1.0	2.0	0.5	0.0070	0.0003	0.0001	0.0014	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
8	本発明例	0.10	0.9	2.2	0.5	0.0020	0.0004	0.0006	0.0014	0.0006	0.0009	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
9	本発明例	0.20	1.0	2.0	0.5	0.0100	0.0002	0.0001	0.0011	0.0004	0.0001	0.0004	0.0001	0.0004	Mg:0.001
10	本発明例	0.20	1.0	2.0	0.4	0.0020	0.0009	0.0002	0.0011	0.0002	0.0006	0.0006	0.0006	0.0008	Zr:0.015
11	本発明例	0.20	0.8	2.2	0.7	0.0008	0.0008	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
12	本発明例	0.20	0.9	2.5	0.6	0.0017	0.0004	0.0009	0.0014	0.0004	0.0007	0.0007	0.0007	0.0009	Gr:0.10
13	本発明例	0.20	0.9	2.3	0.4	0.0011	0.0002	0.0008	0.0010	0.0005	0.0003	0.0003	0.0003	0.0017	Cu:0.0007
14	本発明例	0.20	1.0	2.3	0.5	0.0031	0.0002	0.0007	0.0011	0.0001	0.0003	0.0003	0.0003	0.0031	0.0001
15	本発明例	0.20	1.0	2.2	0.0	0.0085	0.0004	0.0006	0.0016	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0017	Ni:0.08
16	本発明例	0.25	1.0	2.2	0.5	0.0012	0.0008	0.0009	0.0012	0.0009	0.0006	0.0006	0.0006	0.0012	0.0001
17	本発明例	0.25	1.6	2.2	0.5	0.0040	0.0001	0.0005	0.0018	0.0007	0.0003	0.0003	0.0003	0.0099	V:0.009
18	本発明例	0.30	0.8	5.0	0.7	0.0099	0.0006	0.0008	0.0011	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0091	0.0001
19	本発明例	0.30	0.8	0.3	0.7	0.0110	0.0005	0.0001	0.0011	0.0005	0.0007	0.0007	0.0007	0.0020	0.0001
20	本発明例	0.35	1.0	3.0	0.7	0.0092	0.0004	0.0006	0.0030	0.0008	0.0005	0.0005	0.0005	0.0080	Mo:0.09
21	本発明例	0.35	0.8	2.2	0.7	0.0091	0.0010	0.0004	0.0011	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005	0.0003	REM:0.0008
22	本発明例	0.40	1.0	2.2	0.5	0.0045	0.0003	0.0005	0.0014	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005	0.0020	0.0001
23	本発明例	0.40	0.8	2.2	0.7	0.0035	0.0008	0.0001	0.0021	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0700	W:0.005
24	本発明例	0.40	0.8	2.2	0.7	0.0082	0.0009	0.0004	0.0011	0.0004	0.0010	0.0010	0.0010	0.0082	0.0001
25	本発明例	0.40	0.8	2.2	0.7	0.0080	0.0008	0.0003	0.0022	0.0007	0.0004	0.0004	0.0004	0.0091	Ca:0.0005
26	比較例	0.41	1.0	2.3	0.3	0.0100	0.0003	0.0003	0.0012	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	-	-
27	比較例	0.20	0.4	2.3	0.3	0.0100	0.0010	0.0002	0.0019	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	-	-
28	比較例	0.20	3.1	2.3	0.4	0.0100	0.0008	0.0006	0.0011	0.0005	0.0008	0.0008	0.0008	-	-

※下線は本発明の範囲外であることを示す。

[0103]

[表2]

試験 No.	区分	化学成分 (質量%) 残部: Fe及び不純物														その他
		C	Si	Mn	sol. Al	P	S	N	O	B	Ti	Mb				
29	比較例	0.20	1.0	2.3	3.2	0.0100	0.0003	0.0003	0.0012	0.0001	0.0007	-				
30	比較例	0.20	1.0	2.3	3.3	0.0100	0.0009	0.0006	0.0017	0.0007	0.0002	-				
31	比較例	0.20	1.0	2.3	0.3	0.0100	0.0005	0.0003	0.0017	0.0009	0.0009	-				
32	比較例	0.20	1.0	2.5	0.3	0.0100	0.0004	0.0006	0.0016	0.0003	0.0001	-				
33	比較例	0.20	1.0	2.5	0.3	0.0100	0.0005	0.0005	0.0011	0.0004	0.0002	-				
34	比較例	0.20	1.0	2.5	0.3	0.0100	0.0005	0.0005	0.0012	0.0004	0.0002	-				
35	比較例	0.20	1.0	2.5	0.3	0.0100	0.0005	0.0005	0.0011	0.0004	0.0002	-				
36	比較例	0.20	1.0	2.5	0.3	0.0100	0.0005	0.0005	0.0013	0.0004	0.0002	-				
37	本発明例	0.20	0.8	2.5	0.6	0.0018	0.0006	0.0010	0.0018	0.0005	0.0007	0.0008	Cr:1.80			
38	本発明例	0.20	0.9	2.2	0.7	0.0017	0.0004	0.0009	0.0017	0.0004	0.0008	0.0007	V:0.15			
39	本発明例	0.25	0.8	2.5	0.6	0.0019	0.0005	0.0009	0.0014	0.0004	0.0009	0.0010	Ni:1.90			
40	本発明例	0.20	0.9	2.2	0.6	0.0015	0.0005	0.0009	0.0016	0.0005	0.0010	0.0010	Cu:1.9000			
41	本発明例	0.25	0.9	2.5	0.7	0.0017	0.0004	0.0009	0.0014	0.0004	0.0008	0.0009	Mo:1.00			
42	本発明例	0.20	0.8	2.5	0.6	0.0016	0.0005	0.0009	0.0012	0.0004	0.0007	0.0009	W:1.000			
43	本発明例	0.20	0.9	2.2	0.7	0.0017	0.0004	0.0009	0.0014	0.0004	0.0007	0.0008	Ca:0.1000			
44	本発明例	0.25	0.9	2.5	0.6	0.0018	0.0005	0.0010	0.0017	0.0005	0.0008	0.0009	Mg:0.100			
45	本発明例	0.20	1.0	2.2	0.6	0.0017	0.0005	0.0009	0.0014	0.0004	0.0011	0.0010	Zr:0.100			
46	本発明例	0.20	0.9	2.5	0.6	0.0017	0.0004	0.0009	0.0017	0.0004	0.0008	0.0009	Hf:0.100			
47	本発明例	0.25	0.8	2.4	0.6	0.0018	0.0008	0.0011	0.0016	0.0006	0.0007	0.0008	REM:0.1000			
48	本発明例	0.20	0.9	2.5	2.2	0.0019	0.0004	0.0009	0.0015	0.0004	0.0009	0.0009				
49	本発明例	0.20	0.9	2.5	0.6	0.0289	0.0008	0.0008	0.0013	0.0004	0.0008	0.0010				
50	本発明例	0.20	0.8	2.5	0.6	0.0017	0.0277	0.0007	0.0015	0.0005	0.0008	0.0011				
51	本発明例	0.20	0.8	2.4	0.5	0.0018	0.0004	0.0097	0.0014	0.0004	0.0007	0.0008				
52	本発明例	0.20	0.8	2.5	0.7	0.0017	0.0004	0.0011	0.0024	0.0003	0.0007	0.0009				
53	本発明例	0.25	0.9	2.4	0.6	0.0019	0.0004	0.0009	0.0014	0.0089	0.0008	0.0011				
54	本発明例	0.20	0.9	2.5	0.6	0.0017	0.0005	0.0008	0.0014	0.0005	0.1200	0.0010				
55	本発明例	0.20	0.9	2.5	0.6	0.0017	0.0005	0.0008	0.0014	0.0005	0.1200	0.1100				

※下線は本発明の範囲外であることを示す。

[表3]

表 3

試験 No.	区分	前処理工程		焼鈍工程			
		投射量 (kg/m <sup>2</sup> )	前処理後表面粗さ	露点制御開始温度 (°C)	露点 (°C)	保持温度 (°C)	保持時間 (秒)
1	本発明例	5	A	300	0	800	40
2	本発明例	5	A	400	0	800	45
3	本発明例	5	A	450	0	800	60
4	本発明例	5	A	500	0	800	60
5	本発明例	20	A	500	0	800	60
6	本発明例	45	A	500	0	800	50
7	本発明例	50	AA	450	0	820	60
8	本発明例	100	AA	500	0	840	100
9	本発明例	100	AA	550	0	860	100
10	本発明例	100	AA	520	0	860	100
11	本発明例	100	AA	500	0	860	100
12	本発明例	100	AA	500	0	860	100
13	本発明例	100	AA	500	0	860	100
14	本発明例	100	AA	500	0	860	20
15	本発明例	100	AA	500	0	860	100
16	本発明例	100	AA	500	0	860	100
17	本発明例	100	AA	500	0	860	100
18	本発明例	300	AA	500	0	860	100
19	本発明例	100	AA	500	0	860	100
20	本発明例	100	AA	500	0	860	100
21	本発明例	100	AA	500	0	860	100
22	本発明例	100	AA	500	0	860	150
23	本発明例	100	AA	500	-20	860	100
24	本発明例	100	AA	500	0	860	100
25	本発明例	100	AA	500	0	860	100
26	比較例	15	A	500	0	820	70
27	比較例	15	A	500	0	820	70
28	比較例	15	A	500	0	820	70
29	比較例	15	A	500	0	820	70
30	比較例	15	A	500	0	740	70
31	比較例	15	A	500	0	915	70
32	比較例	0	B	500	0	800	60
33	比較例	15	A	500	-35	800	60
34	比較例	15	A	500	25	800	60
35	比較例	研削	A	500	0	800	60
36	比較例	15	A	250	0	800	60
37	本発明例	100	AA	500	0	860	100
38	本発明例	100	AA	500	0	860	100
39	本発明例	100	AA	450	0	860	100
40	本発明例	100	AA	500	0	860	100
41	本発明例	100	AA	500	0	860	100
42	本発明例	100	AA	500	0	860	100
43	本発明例	100	AA	500	0	860	100
44	本発明例	100	AA	550	0	850	100
45	本発明例	100	AA	500	0	860	100
46	本発明例	100	AA	500	0	860	100
47	本発明例	100	AA	500	0	870	100
48	本発明例	100	AA	500	0	860	100
49	本発明例	100	AA	550	0	860	100
50	本発明例	100	AA	500	0	860	100
51	本発明例	100	AA	500	0	860	100
52	本発明例	100	AA	450	0	860	100
53	本発明例	100	AA	500	0	860	100
54	本発明例	100	AA	500	0	860	100
55	本発明例	100	AA	500	0	860	100

※下線は本発明の好ましい製造条件の範囲外であることを示す

## [0105] (前処理後表面粗さ)

表3に記載の「前処理後表面粗さ」は、前処理工程の後、焼鈍工程の前に、鋼板の表面の粗さを、JIS B 0601:2013に準拠して測定したものである。

[0106] 評価AA : 3.5  $\mu$ m以上評価A : 3.0  $\mu$ m超、3.5  $\mu$ m未満評価B : 3.0  $\mu$ m以下

[0107] 焼鈍後の鋼板、めっき鋼板に対して、以下の評価を行った。

## [0108] (表面粗さRa)

焼鈍工程、又は、焼鈍工程及びめっき工程を施した後、めっきが施されていない鋼板では鋼板の表面、めっきが施された鋼板では、めっきを除去して露出させた鋼板の表面の表面粗さRaを測定した。めっきの除去は、母材鋼板の腐食を抑制する0.06質量%インヒビター（朝日化学工業社製、イビット710K）を加えた10質量%塩酸溶液にめっき層を溶解することで行った。

## [0109] (鋼表層組織)

鋼板から30mm×30mmに切断した試料を採取し、前述の方法で、GDS測定、高フェライト層の厚さの測定、斜入射XRD解析を行った。得られた結果を表4中「C $\leq$ 0.02%深さ」、「高フェライト層厚さ」、「斜入射XRD（条件式中の値）」の欄にそれぞれ示す。

## [0110] (引張強さ)

各鋼板について、JIS 5号引張試験片を採取し、引張試験をJIS Z 2241:2011に準拠して行い、引張強さを求めた。得られた引張強さの値に応じて、以下のように評価した。

[0111] 評価AAA : 1180MPa以上

評価AA : 980MPa以上、1180MPa未満

評価A : 780MPa以上、980MPa未満

## [0112] (耐LME性)

各鋼板から50mm×100mmのサイズに切断した試料を採取し、さらに、同じ大きさの相手材鋼板を準備し、これら2枚の試料に対して、ドームラジラス型の先端直径8mmの溶接電極を用いて、打角2°、加圧力4.0kN、通電時間0.8秒、及び通電電流12kAにてスポット溶接を行い、溶接継手を製造した。相手材鋼板は、表4の「相手材」の欄に記載の種類の鋼板を用いた。相手材の「同種」は相手材鋼板として当該試験番号（試験No.）の鋼板と同種の鋼板を用いたことを示す。また、「非めっき同種」は、相手材鋼板として当該試験番号（試験No.）の鋼板と同種の鋼板であるがめっきを施さなかった鋼板、「GA同種」は当該試験番号（試験No.）の鋼板と同種の鋼板に合金化亜鉛めっきを施した鋼板を用いたことを示す。また、「GI270IF」は、相手材鋼板として引張強さが270MPaである市販の溶融亜鉛めっき鋼板、「GA590」は、相手材鋼板として引張強さが590MPaである市販の合金化溶融亜鉛めっき鋼板を用いたことを示す。

[0113] 図2を参照して、耐LME性の評価方法について説明する。耐LME性は2枚の鋼板1を重ね合わせてスポット溶接を行い、形成された溶接部2の圧接部直外に生じたLME亀裂（圧接部直外の割れ11）の長さで評価した。2枚の鋼板1とは、各試験番号（試験No.）の鋼板とその相手材鋼板である。溶接部の圧接部直外とは、2枚の鋼板の重ね合わせ面において、スポット溶接により圧接された部分である圧接部3の外側の部分であって、圧接部3の近傍（圧接部3の端部から外側へ1mm程度までの範囲）の位置をいう。圧接部直外の割れ11について、割れの長さを評価した。なお、スポット溶接による試験は、3回行い、圧接部直外の割れ11の割れの長さが最も長いものを評価した。評価基準は以下のとおりとした。本実施例では、評価A以上（すなわち、評価A、AA、AAA）であれば、耐LME性に優れていると判断した。

[0114] 評価AAA : 0μm

評価AA : 0μm超、60μm未満

評価A : 60  $\mu\text{m}$ 以上、120  $\mu\text{m}$ 未満

評価B : 120  $\mu\text{m}$ 以上

[0115] (耐水素脆化性評価)

各鋼板から550 mm×100 mmのサイズに切断した試料を2枚採取し、一方の試料に、電気化学的に水素チャージし（水素チャージ直後の試料）、他方の試料は、電気化学的に水素チャージした後、室温（25℃、相対湿度30%）で12 h静置した（水素チャージ後に12 h静置後の試料）。これらの試料について、鋼中の拡散性水素量を昇温脱離法で測定した。具体的には、ガスクロマトグラフィを備えた加熱炉中で試験片を400℃まで加熱し、250℃まで下がるまでに放出された水素量の総和を拡散水素量とした。

[0116] 耐水素脆化性（試料中の水素蓄積量）は、12 h静置後の拡散性水素量／水素チャージ直後の拡散性水素量（%）を算出し、以下の基準により評価した。

[0117] 評価AAA : 5%以下

評価AA : 10～5%未満

評価A : 30～10%未満

評価B : 30%超

[0118] 各評価の結果を表4に示す。

[0119]

[表4]

表 4

試験 No.	区分	めっき種	表面粗さ Ra(μm)	鋼表層組織			性能			相手材
				0.02% 厚さ (μm)	高フライト厚さ (μm)	斜入射 XPS (条件式の中辺の値)	引張強さ (MPa)	耐LME性	耐水素 脆化	
1	本発明例	a	3.3	15	15	0.90	A	A	A	同種
2	本発明例	非めっき	3.1	15	17	0.82	A	A	A	G1270IF
3	本発明例	b	3.4	16	15	0.75	AA	AA	AA	同種
4	本発明例	b	3.2	16	17	0.72	AA	AAA	AA	同種
5	本発明例	b	3.1	16	18	0.70	AA	AAA	AA	非めっき同種
6	本発明例	b	3.6	15	19	0.72	AA	AAA	AA	同種
7	本発明例	b	3.8	16	19	0.70	AA	AAA	AAA	同種
8	本発明例	b	3.8	23	20	0.69	AA	AAA	AAA	同種
9	本発明例	b	3.7	25	22	0.68	AA	AAA	AAA	同種
10	本発明例	b	3.9	22	23	0.67	AA	AAA	AAA	同種
11	本発明例	c	3.8	23	24	0.66	AA	AAA	AAA	同種
12	本発明例	b	3.7	21	25	0.65	AA	AAA	AAA	同種
13	本発明例	b	3.7	22	26	0.67	AA	AAA	AAA	同種
14	本発明例	b	3.6	9	7	0.63	AA	AA	AA	同種
15	本発明例	b	3.6	22	22	0.67	AA	AAA	AAA	GA590
16	本発明例	b	3.9	22	23	0.66	AAA	AAA	AAA	同種
17	本発明例	非めっき	3.6	22	25	0.64	AAA	AAA	AAA	GA同種
18	本発明例	b	3.2	40	25	0.66	AAA	AAA	AAA	同種
19	本発明例	b	3.8	22	27	0.66	AAA	AAA	AAA	同種
20	本発明例	b	3.7	23	28	0.65	AAA	AAA	AAA	同種
21	本発明例	b	3.6	22	26	0.67	AAA	AA	AAA	同種
22	本発明例	b	3.7	29	28	0.69	AAA	AAA	AAA	同種
23	本発明例	非めっき	3.8	22	24	0.66	AAA	AAA	AAA	GA同種
24	本発明例	c	3.9	22	29	0.65	AAA	AAA	AAA	同種
25	本発明例	b	3.8	22	26	0.63	AAA	AAA	AAA	同種
26	比較例	b	3.1	1	4	0.83	AAA	B	A	同種
27	比較例	b	3.2	1	3	0.83	AAA	B	A	同種
28	比較例	b	3.4	2	3	0.82	AAA	B	A	同種
29	比較例	b	3.1	1	3	0.81	AAA	B	A	同種
30	比較例	b	3.3	2	2	0.82	AAA	B	A	同種
31	比較例	b	3.1	1	6	0.81	AAA	B	A	同種
32	比較例	b	0.5	2	4	0.93	AAA	B	B	同種
33	比較例	b	3.2	2	3	0.79	AAA	B	A	同種
34	比較例	b	3.1	2	2	0.82	AAA	B	A	同種
35	比較例	b	2.4	9	4	0.92	AAA	B	B	同種
36	比較例	b	3.1	2	3	0.97	AAA	B	A	同種
37	本発明例	b	3.6	15	21	0.64	AA	AAA	AAA	同種
38	本発明例	b	3.5	16	20	0.62	AA	AAA	AAA	同種
39	本発明例	b	3.7	15	22	0.62	AA	AAA	AAA	同種
40	本発明例	b	3.6	17	20	0.61	AA	AAA	AAA	同種
41	本発明例	b	3.8	15	21	0.66	AA	AAA	AAA	同種
42	本発明例	b	3.5	15	22	0.63	AA	AAA	AAA	同種
43	本発明例	b	3.6	16	23	0.65	AA	AAA	AAA	同種
44	本発明例	b	3.6	16	21	0.66	AA	AAA	AAA	同種
45	本発明例	b	3.7	15	20	0.65	AA	AAA	AAA	同種
46	本発明例	b	3.5	17	24	0.64	AA	AAA	AAA	同種
47	本発明例	b	3.7	21	25	0.63	AA	AAA	AAA	同種
48	本発明例	b	3.6	15	20	0.65	AA	AAA	AAA	同種
49	本発明例	b	3.8	15	21	0.64	AA	AAA	AAA	同種
50	本発明例	b	3.5	16	23	0.66	AA	AAA	AAA	同種
51	本発明例	b	3.6	16	22	0.66	AA	AAA	AAA	同種
52	本発明例	b	3.6	15	21	0.64	AA	AAA	AAA	同種
53	本発明例	b	3.7	17	23	0.65	AA	AAA	AAA	同種
54	本発明例	b	3.5	18	20	0.66	AA	AAA	AAA	同種
55	本発明例	b	3.5	18	20	0.66	AA	AAA	AAA	同種

※下線は本発明の範囲外であること、又は所望の特性が得られなかったことを示す

- [0120] N o. 1 ~ 2 5、3 7 ~ 5 5 は本発明の実施例であり、高い耐 L M E 性を有していた。一方で、鋼板の化学組成、又は製造条件が本発明における所定の条件を外れた比較例である試験 N o. 2 6 ~ 3 6 の鋼板は、耐 L M E 性が合格基準に達しなかった。
- [0121] 試験 N o. 3 2 はグリットブラスト処理を行わなかったため、表層にひずみが導入されていない。そのため、脱炭が促進されず、G D S 測定で C 濃度が 0. 0 2 % 以下である深さが浅かったと考えられる。また、S i や M n の内部酸化が進まず、フェライト相の配向がランダム化しなかったと考えられる。さらに、鋼板とめっきの界面の粗さが小さくなった。その結果、耐 L M E 性、耐水素脆化性に劣るものとなった。
- [0122] 試験 N o. 3 5 では、グリットブラスト処理に代えて、ブラシを用いた研削による前処理を行ったため、表層にひずみが導入されなかった。そのため、焼鈍工程において S i や M n の内部酸化が進まず、フェライト相の配向がランダム化しなかったと考えられる。さらに、鋼板とめっきの界面の粗さが小さくなった。その結果、耐 L M E 性、耐水素脆化性に劣るものとなった。
- [0123] 試験 N o. 3 6 では、焼鈍工程における露点制御開始温度が低かったため、外部酸化が進行し、脱炭が進まず、G D S 測定で C 濃度が 0. 0 2 % 以下である深さが浅くなったと考えられる。また、S i や M n の内部酸化が進まず、フェライト相の配向がランダム化しなかったと考えられる。その結果、耐 L M E 性に劣るものとなった。

### 産業上の利用可能性

- [0124] 本発明によれば、高い耐 L M E 性を有する高強度鋼板及びめっき鋼板を提供することが可能となり、当該鋼板及びめっき鋼板は自動車、家電製品、建材等の用途、特に自動車用に好適に用いることができる。したがって、本発明は産業上の利用可能性が極めて高い発明である。

### 符号の説明

- [0125] 1 鋼板  
2 溶接部

3 圧接部

1 1 圧接部直外の割れ

## 請求の範囲

[請求項1]

引張強さが780MPa以上である鋼板であって、  
化学成分が、質量%で、

C : 0.05~0.40%、

Si : 0.5~3.0%、

Mn : 0.1~5.0%、

sol. Al : 0~3.0%、

P : 0.0300%以下、

S : 0.0300%以下、

N : 0.0100%以下、

B : 0~0.0100%、

Ti : 0~0.1500%、

Nb : 0~0.1500%、

V : 0~0.150%、

Cr : 0~2.00%、

Ni : 0~2.00%、

Cu : 0~2.0000%、

Mo : 0~1.00%、

W : 0~1.000%、

Ca : 0~0.1000%、

Mg : 0~0.100%、

Zr : 0~0.100%、

Hf : 0~0.100%、

REM : 0~0.1000%を含有し、残部がFe及び不純物からなり、

鋼板の表面粗さRaが3.0 $\mu$ m超であり、

鋼板表面からの厚さ方向において、C濃度が0.02%以下である  
深さが8 $\mu$ m以上であり、

鋼板表面からの板厚方向において、フェライトの面積率が90%以上である層の厚さが3 μm以上であり、

鋼板表面に対する入射角1°の斜入射X線回折において、(110)面に相当する回折強度をI(110)、(200)面に相当する回折強度をI(200)、(211)面に相当する回折強度をI(211)とした場合に、

$0.45 \leq I(110) / (I(110) + I(200) + I(211)) \leq 0.90$ を満たすことを特徴とする鋼板。

[請求項2] 前記鋼板表面からの厚さ方向において、C濃度が0.02%以下である深さが15 μm以上であることを特徴とする請求項1に記載の鋼板。

[請求項3]  $0.50 \leq I(110) / (I(110) + I(200) + I(211)) \leq 0.75$ を満たすことを特徴とする請求項1に記載の鋼板。

[請求項4] 前記鋼板表面からの厚さ方向において、フェライトの面積率が90%以上である層の厚さが20 μm以上であることを特徴とする請求項1に記載の鋼板。

[請求項5] 前記鋼板の表面粗さがRaで3.5 μm以上であることを特徴とする請求項1に記載の鋼板。

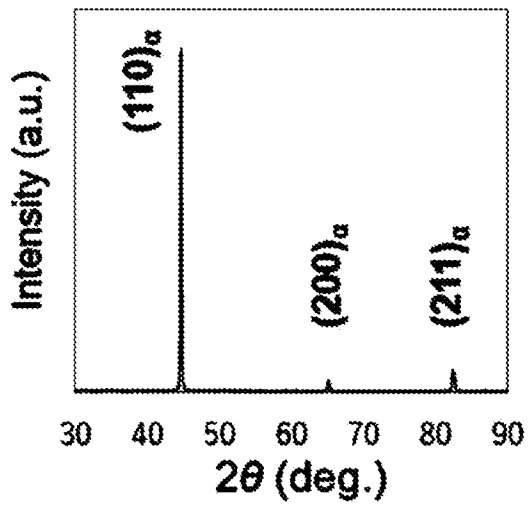
[請求項6] 請求項1～5のいずれか1項に記載の鋼板の表面の少なくとも一部に、Znを含有するめっき層を備えるめっき鋼板。

[請求項7] 請求項1～5のいずれか1項に記載の鋼板を含む自動車部材。

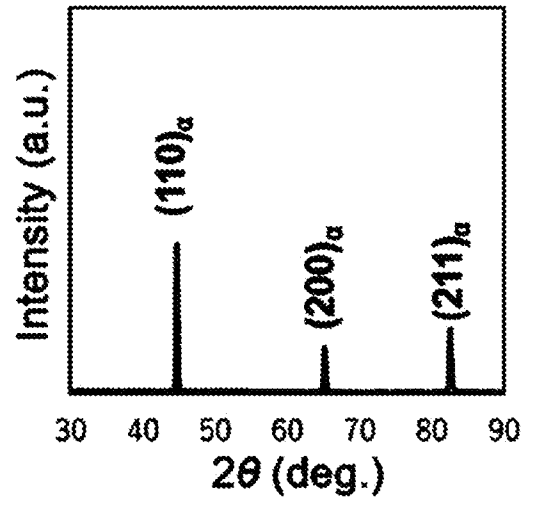
[図1]

図1

(a)

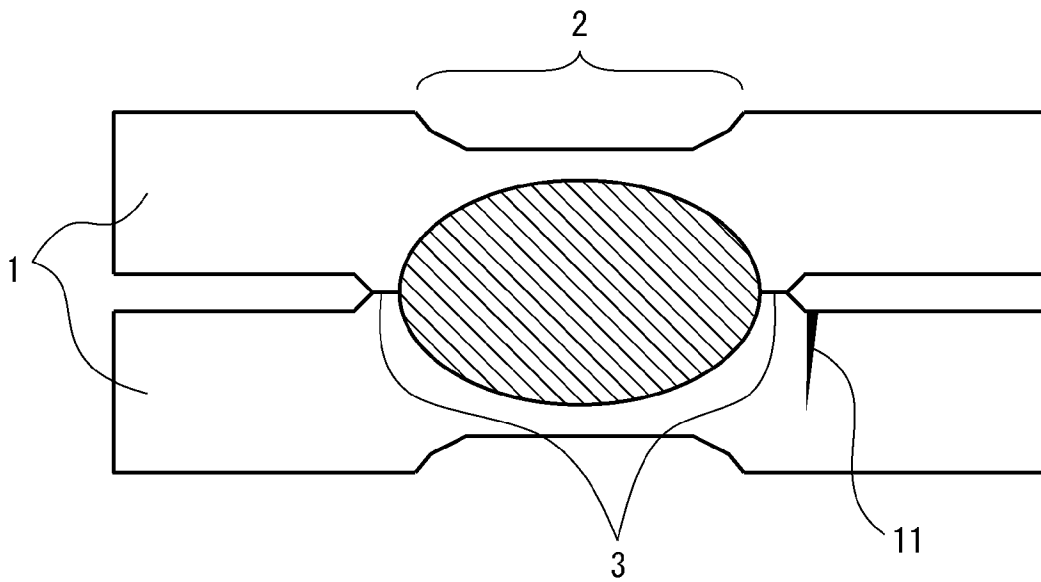


(b)



[図2]

図2



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/025321

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>C22C 38/00</i> (2006.01)i; <i>C21D 9/46</i> (2006.01)i; <i>C22C 38/58</i> (2006.01)i; <i>B23K 11/16</i> (2006.01)n FI: C22C38/00 301U; C22C38/00 301T; C22C38/58; C21D9/46 F; C21D9/46 J; B23K11/16 311		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C22C38/00-38/60; C21D9/46-9/48; B23K11/16		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2022/131671 A1 (POSCO) 23 June 2022 (2022-06-23) claims, paragraphs [0046]-[0049], tables 1-3	1-7
A	JP 2022-514847 A (POSCO) 16 February 2022 (2022-02-16) claims	1-7
A	WO 2022/149505 A1 (NIPPON STEEL CORPORATION) 14 July 2022 (2022-07-14) claims	1-7
P, A	WO 2024/053663 A1 (NIPPON STEEL CORPORATION) 14 March 2024 (2024-03-14) claims	1-7
E, A	WO 2024/150817 A1 (NIPPON STEEL CORPORATION) 18 July 2024 (2024-07-18) claims, paragraphs [0083]-[0089]	1-7
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>04 September 2024</b>		Date of mailing of the international search report <b>17 September 2024</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/JP2024/025321</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2022/131671	A1	23 June 2022	EP 4265808 A1 claims, paragraphs [0020]- [0021], tables 1-3	
				US 2024/0043954 A1	
				CN 116648525 A	
				JP 2024-500725 A	
-----					
JP	2022-514847	A	16 February 2022	EP 3901318 A1 claims	
				US 2022/0042155 A1	
				CN 113227434 A	
				WO 2020/130631 A1	
-----					
WO	2022/149505	A1	14 July 2022	EP 4276215 A1 claims	
				US 2024/0058888 A1	
				CN 116723908 A	
				KR 10-2023-0110807 A	
-----					
WO	2024/053663	A1	14 March 2024	(Family: none)	
-----					
WO	2024/150817	A1	18 July 2024	(Family: none)	
-----					

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C22C 38/00(2006.01)i; C21D 9/46(2006.01)i; C22C 38/58(2006.01)i; B23K 11/16(2006.01)n FI: C22C38/00 301U; C22C38/00 301T; C22C38/58; C21D9/46 F; C21D9/46 J; B23K11/16 311		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） C22C38/00-38/60; C21D9/46-9/48; B23K11/16 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2024年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2024年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2024年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2022/131671 A1 (POSCO) 23.06.2022 (2022 - 06 - 23) Claims, [46]-[49], Table1-Table3	1-7
A	JP 2022-514847 A (ポスコ) 16.02.2022 (2022 - 02 - 16) 特許請求の範囲	1-7
A	WO 2022/149505 A1 (日本製鉄株式会社) 14.07.2022 (2022 - 07 - 14) 請求の範囲	1-7
P, A	WO 2024/053663 A1 (日本製鉄株式会社) 14.03.2024 (2024 - 03 - 14) 請求の範囲	1-7
E, A	WO 2024/150817 A1 (日本製鉄株式会社) 18.07.2024 (2024 - 07 - 18) 請求の範囲, [0083] - [0089]	1-7
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 04.09.2024	国際調査報告の発送日 17.09.2024	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 鈴木 毅 4K 9154 電話番号 03-3581-1101 内線 3435	

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/025321

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2022/131671	A1	23.06.2022	EP	4265808	A1	Claims, [0020]-[0021], Table1-Table3 US 2024/0043954 A1 CN 116648525 A JP 2024-500725 A
-----			-----			-----	
JP	2022-514847	A	16.02.2022	EP	3901318	A1	
-----			-----			-----	
-----			-----			-----	
WO	2022/149505	A1	14.07.2022	EP	4276215	A1	Claims US 2024/0058888 A1 CN 116723908 A KR 10-2023-0110807 A
-----			-----			-----	
WO	2024/053663	A1	14.03.2024	(ファミリーなし)			
-----			-----			-----	
WO	2024/150817	A1	18.07.2024	(ファミリーなし)			